

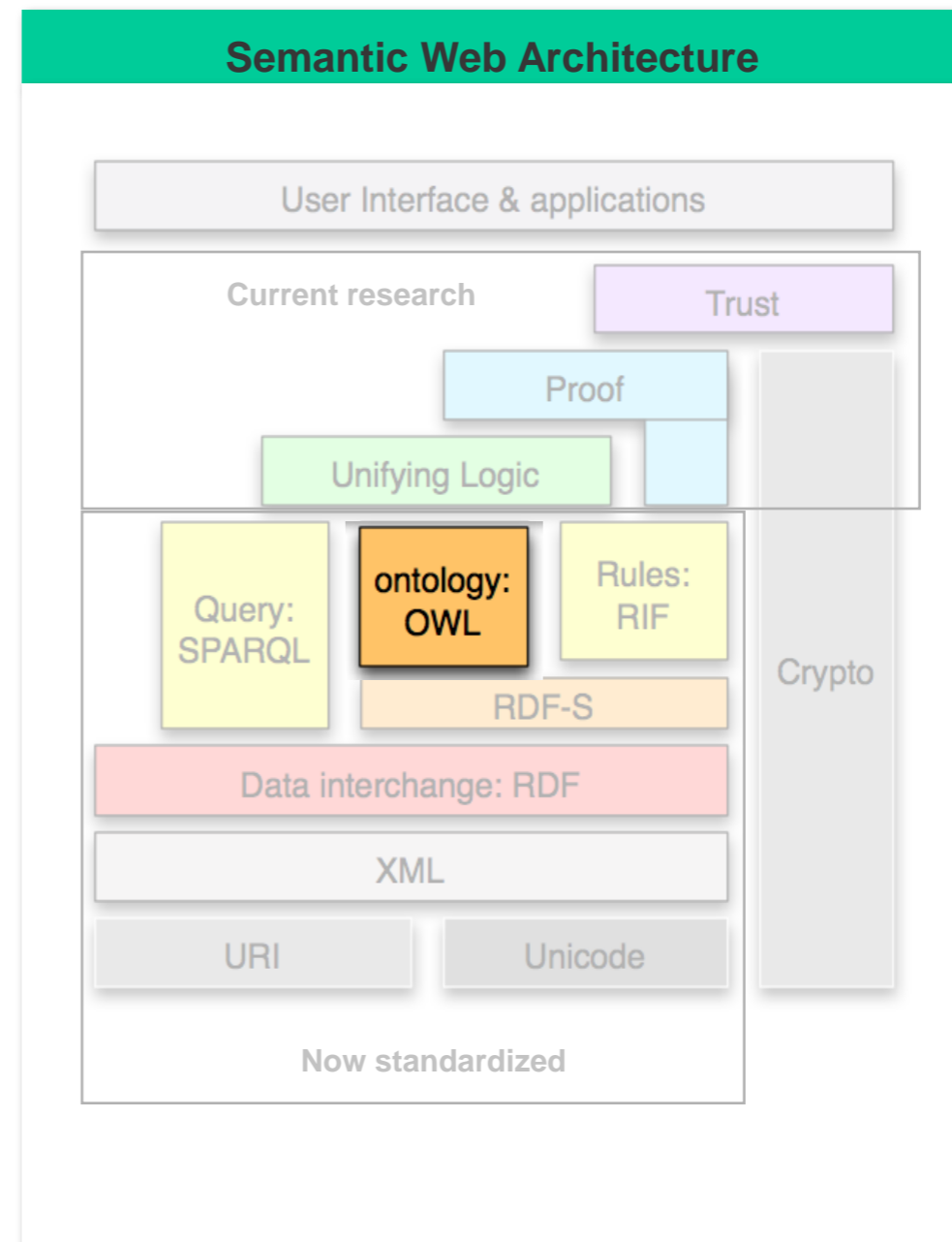


Semantic Web Technologies I

Lehrveranstaltung im WS13/14

Dr. Andreas Harth

OWL – Syntax & Intuition 1/2



Agenda



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

Agenda

- **Motivation**
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

Ontologie –philosophisch

- Begriff existiert nur in der Einzahl (es gibt also keine „Ontologien“)
- bezeichnet die „*Lehre vom Sein*“
- zu finden bei Aristoteles (Sokrates), Thomas von Aquin, Descartes, Kant, Hegel, Wittgenstein, Heidegger, Quine, ...

Ontologie – informatisch

AIFB 

Gruber (1993):

„An Ontology is a

formal specification

of a shared

conceptualization

of a domain of interest“

① maschinell interpretierbar

② beruht auf Konsens

③ beschreibt Begrifflichkeiten

④ bezogen auf ein „Thema“
(Gegenstandsbereich)

Ontologie – praktisch

Einige Anforderungen

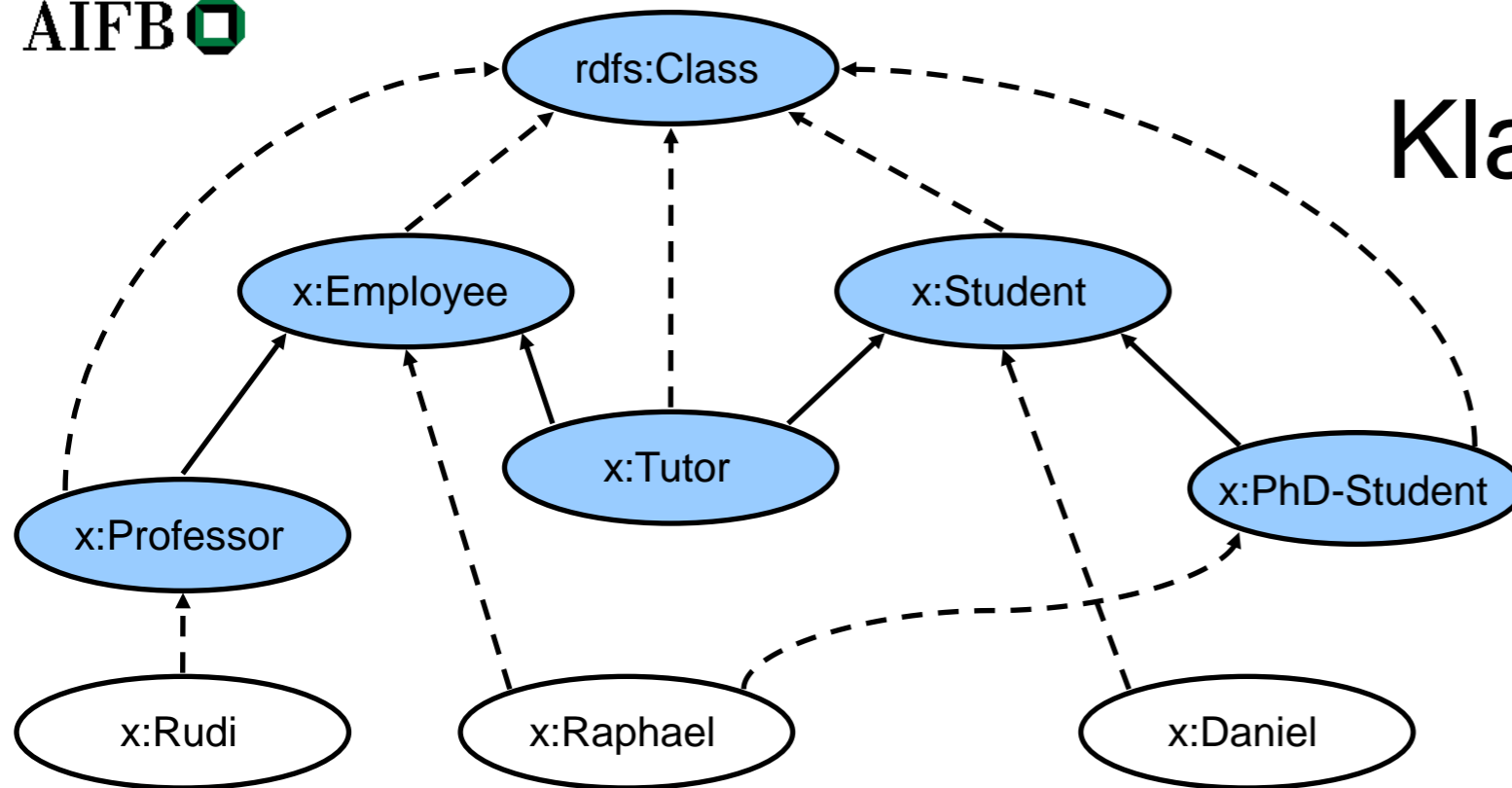


- Instanziierung von Klassen durch Individuen
- Begriffshierarchien (Taxonomien, „Vererbung“): Klassen, Begriffe
- binäre Relationen zwischen Individuen: Properties, Roles
- Eigenschaften von Relationen (z.B. range, transitive)
- Datentypen (z.B. Zahlen): concrete domains
- logische Ausdrucksmittel
- klare Semantik!

RDFS - einfache Ontologien

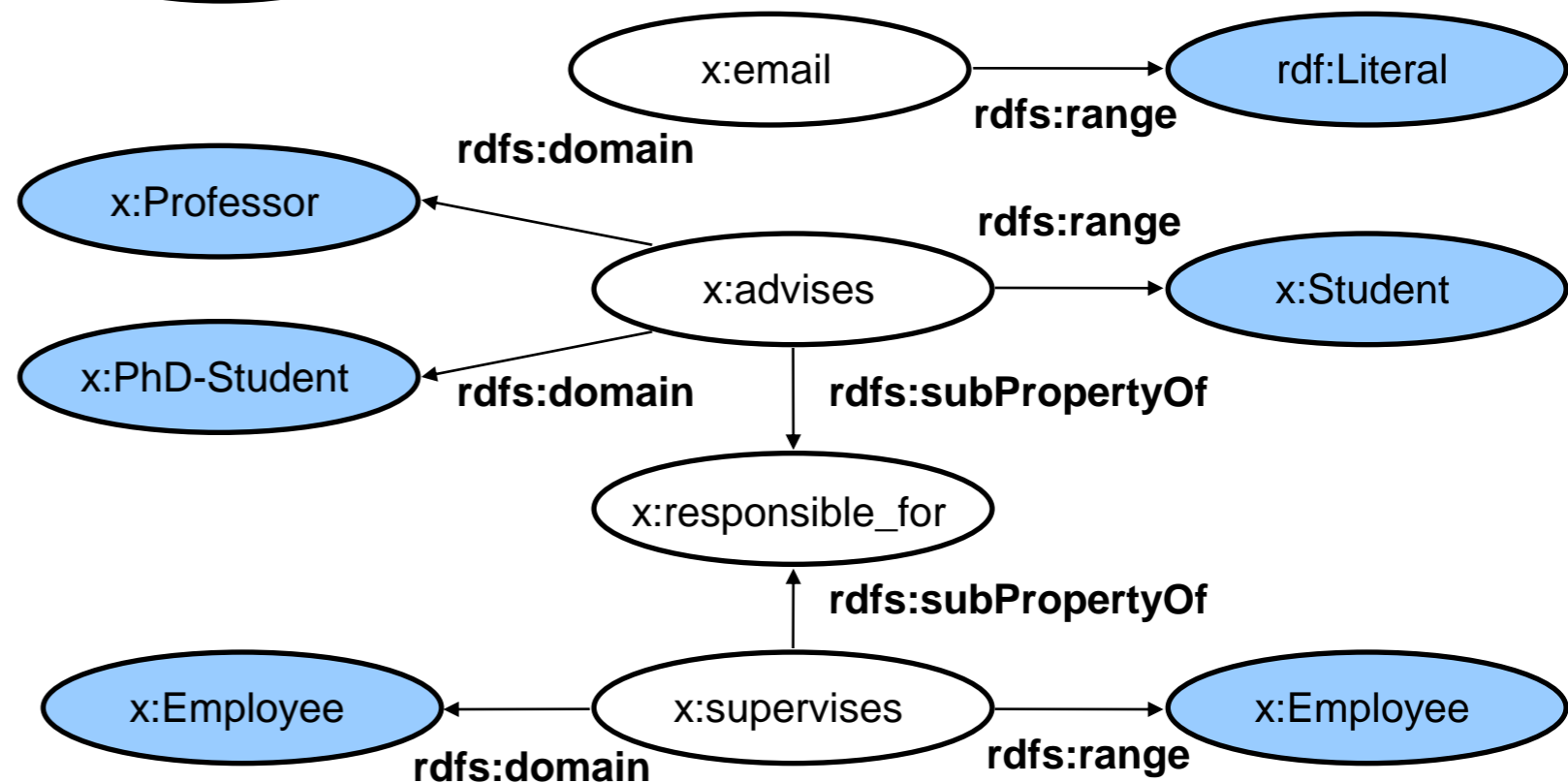


Klassen



↑ subClass
↑ Instanziierung

Relationen



RDF Schema als Ontologiesprache?

- geeignet für einfache Ontologien
- Vorteil: automatisches Schlussfolgern ist relativ effizient
- aber: für komplexere Modellierungen ungeeignet
- Rückgriff auf mächtigere Sprachen, wie
 - OWL
 - F-Logik

Agenda

- Motivation
- **OWL - Allgemeines**
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

OWL - Allgemeines

- W3C Recommendation seit 2009 (2. Version)
- Semantisches Fragment von FOL
- Fünf Varianten:
OWL EL, OWL RL, OWL QL μ OWL DL μ OWL Full
- Keine Reifikation in OWL DL
→ RDFS ist Fragment von OWL Full
- OWL DL ist entscheidbar
entspricht der Beschreibungslogik SROIQ (D)
- W3C-Dokumente (Vorlesungswebseite) enthalten Details,
die hier nicht alle angesprochen werden können.

OWL Dokumente

- sind RDF Dokumente
(zumindest in der Standard-Syntax; es gibt auch andere)
- bestehen aus
 - Kopf mit allgemeinen Angaben
 - Rest mit der eigentlichen Ontologie

Der Kopf eines OWL Dokumentes



Definition von Namespaces in der Wurzel

```
<rdf:RDF
```

```
  xmlns="http://www.semanticweb-grundlagen.de/beispielontologie#"
```

```
  xmlns:rdf    ="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
```

```
  xmlns:xsd    ="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
```

```
  xmlns:rdfs   ="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
```

```
  xmlns:owl    ="http://www.w3.org/2002/07/owl#">
```

```
...
```

```
</rdf:RDF>
```

Der Kopf eines OWL Dokumentes

Allgemeine Informationen

```
<owl:Ontology rdf:about="">
```

```
  <rdfs:comment  
    rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
```

```
    SWRC Ontologie in der Version vom Dezember 2005
```

```
  </rdfs:comment>
```

```
  <owl:versionInfo>v0.5</owl:versionInfo>
```

```
  <owl:imports rdf:resource="http://www.semanticweb-  
    grundlagen.de/foo"/>
```

```
  <owl:priorVersion  
    rdf:resource="http://ontoware.org/projects/swrc"/>
```

```
</owl:Ontology>
```

Der Kopf eines OWL Dokumentes



von RDFS geerbt

`rdfs:comment`

`rdfs:label`

`rdfs:seeAlso`

`rdfs:isDefinedBy`

außerdem

`owl:imports`

für Versionierung

`owl:versionInfo`

`owl:priorVersion`

`owl:backwardCompatibleWith`

`owl:incompatibleWith`

`owl:DeprecatedClass`

`owl:DeprecatedProperty`

Agenda



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- **Klassen, Rollen und Individuen**
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

Klassen, Rollen und Individuen



Die drei Bausteine von Ontologieaxiomen.

Klassen

Vergleichbar mit Klassen in RDFS

Individuen

Vergleichbar mit Objekten in RDFS

Rollen

Vergleichbar mit Properties in RDFS

Klassen



Definition

```
<owl:Class rdf:ID="Professor"/>
```

vordefiniert:

```
owl:Thing
```

```
owl:Nothing
```

Individuen



Definition durch Klassenzugehörigkeit

```
<rdf:Description rdf:ID="RudiStuder">  
<rdf:type rdf:resource="#Professor"/>  
</rdf:Description>
```

gleichbedeutend:

```
<Professor rdf:ID="RudiStuder"/>
```

abstrakte Rollen

abstrakte Rollen werden definiert wie Klassen

```
<owl:ObjectProperty  
  rdf:ID="Zugehoerigkeit"/>
```

Domain und Range abstrakter Rollen

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">  
  <rdfs:domain rdf:resource="#Person"/>  
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

konkrete Rollen



konkrete Rollen haben Datentypen im Range

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Vorname"/>
```

Domain und Range konkreter Rollen

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Vorname">
```

```
  <rdfs:domain rdf:resource="#Person" />
```

```
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

Viele XML Datentypen können verwendet werden.

Im Standard vorgeschrieben sind `integer` und `string`.

Individuen und Rollen



```
<Person rdf:ID="RudiStuder">
```

```
<Zugehoerigkeit rdf:resource="#AIFB"/>
```

```
<Zugehoerigkeit rdf:resource="#ontoprise"/>
```

```
<Vorname rdf:datatype="&xsd:string">Rudi</Vorname>
```

```
</Person>
```

Rollen sind im allgemeinen nicht funktional.

Agenda



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- **Klassenbeziehungen**
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

Einfache Klassenbeziehungen



```
<owl:Class rdf:ID="Professor">
```

```
  <rdfs:subClassOf
```

```
    rdf:resource="#Fakultaetsmitglied"/>
```

```
</owl:Class>
```

```
<owl:Class rdf:ID="Fakultaetsmitglied">
```

```
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Person"/>
```

```
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass `Professor` eine Subklasse von `Person` ist.

Einfache Klassenbeziehungen



```
<owl:Class rdf:ID="Professor">
  <rdfs:subClassOf
    rdf:resource="#Fakultaetsmitglied"/>
</owl:Class>

<owl:Class rdf:ID="Buch">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>

<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass Professor und Buch ebenfalls disjunkte Klassen sind.

Einfache Klassenbeziehungen



```
<owl:Class rdf:ID="Buch">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>  
</owl:Class>
```

```
<owl:Class rdf:about="#Publikation">  
  <owl:equivalentClass  
    rdf:resource="#Publication"/>  
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass `Buch` eine Subklasse von `Publication` ist.

Individuen und Klassenbeziehungen

AIFB 

```
<Buch rdf:ID="SemanticWebGrundlagen">
```

```
  <Autor rdf:resource="#PascalHitzler"/>
```

```
  <Autor rdf:resource="#MarkusKrötzsch"/>
```

```
  <Autor rdf:resource="#SebastianRudolph"/>
```

```
  <Autor rdf:resource="#YorkSure"/>
```

```
</Buch>
```

```
<owl:Class rdf:about="#Buch">
```

```
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
```

```
</owl:Class>
```

**Es folgt durch Inferenz, dass SemanticWebGrundlagen
eine Publikation ist.**

Beziehungen zwischen Individuen

```
<Professor rdf:ID="RudiStuder"/>
```

```
<rdf:Description rdf:about="#RudiStuder">
```

```
  <owl:sameAs
```

```
    rdf:resource="#ProfessorStuder"/>
```

```
</rdf:Description>
```

Es folgt durch Inferenz, dass `ProfessorStuder` ein Professor ist.

Verschiedenheit von Individuen mittels

`owl:differentFrom`.

Beziehungen zwischen Individuen

```
<owl:AllDifferent>
```

```
<owl:distinctMembers  
  rdf:parseType="Collection">
```

```
<Person rdf:about="#RudiStuder"/>
```

```
<Person rdf:about="#YorkSure"/>
```

```
<Person rdf:about="#PascalHitzler"/>
```

```
</owl:distinctMembers>
```

```
</owl:AllDifferent>
```

Abgekürzte Schreibweise anstelle der Verwendung von mehreren
`owl:differentFrom`.

Der Einsatz von `owl:AllDifferent` und `owl:distinctMembers`
ist nur dafür vorgesehen.

Abgeschlossene Klassen



```
<owl:Class rdf:about="#SekretaerinnenVonStuder">  
  <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">  
    <Person rdf:about="#GiselaSchillinger"/>  
    <Person rdf:about="#BeateKuehner"/>  
  </owl:oneOf>  
</owl:Class>
```

Dies besagt, dass es nur **genau diese beiden** SekretarinnenVonStuder gibt.

Agenda

- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- **komplexe Klassen**
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

Logische Klassenkonstruktoren

- logisches Und (Konjunktion):
`owl:intersectionOf`
- logisches Oder (Disjunktion):
`owl:unionOf`
- logisches Nicht (Negation):
`owl:complementOf`
- Werden verwendet, um komplexe Klassen aus einfachen Klassen zu konstruieren.

Konjunktion



```
<owl:Class rdf:about="#SekretaerinnenVonStuder">
  <owl:equivalentClass>
    <owl:Class>
      <owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#Sekretaerinnen"/>
        <owl:Class rdf:about="#AngehoeerigeAGStuder"/>
      </owl:intersectionOf>
    <owl:Class>
  </owl:equivalentClass>
</owl:Class>
```

Es folgt z.B. durch Inferenz, dass alle
SekretaerinnenVonStuder auch
Sekretaerinnen sind.

Disjunktion

```
<owl:Class rdf:about="#Professor">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#aktivLehrend"/>
        <owl:Class rdf:about="#imRuhestand"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Negation



```
<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Class>  
      <owl:complementOf rdf:resource="#Publikation"/>  
    </owl:Class>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

semantisch äquivalente Aussage:

```
<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>  
</owl:Class>
```

Rolleneinschränkungen (allValuesFrom)



dienen der Definition komplexer Klassen durch Rollen

```
<owl:Class rdf:ID="Pruefung">
```

```
  <rdfs:subClassOf>
```

```
    <owl:Restriction>
```

```
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
```

```
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Professor"/>
```

```
    </owl:Restriction>
```

```
  </rdfs:subClassOf>
```

```
</owl:Class>
```

D.h. *alle* Prüfer einer Prüfung müssen Professoren sein.

Rolleneinschränkungen (someValuesFrom)

```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>  
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#Person"/>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

D.h. jede Prüfung muss *mindestens einen* Prüfer haben.

Rolleneinschränkungen (Kardinalitäten)



```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
      <owl:maxCardinality rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">
        2
      </owl:maxCardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Eine Prüfung kann *höchstens zwei* Prüfer haben.

Rolleneinschränkungen (Kardinalitäten)



```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">  
  
  <rdfs:subClassOf>  
  
    <owl:Restriction>  
  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatThema"/>  
  
      <owl:minCardinality  
rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">  
3  
  
    </owl:minCardinality>  
  
    </owl:Restriction>  
  
  </rdfs:subClassOf>  
  
</owl:Class>
```

Eine Prüfung muss sich über *mindestens drei* Themengebiete erstrecken.

Rolleneinschränkungen (Kardinalitäten)



```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">

  <rdfs:subClassOf>

    <owl:Restriction>

      <owl:onProperty rdf:resource="#hatThema"/>

      <owl:cardinality rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">
3
      </owl:cardinality>

    </owl:Restriction>

  </rdfs:subClassOf>

</owl:Class>
```

Eine Prüfung muss sich über *genau drei* Themengebiete erstrecken.

Rolleneinschränkungen (hasValue)



```
<owl:Class rdf:ID="PruefungBeiStuder">  
  <rdfs:equivalentClass>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>  
      <owl:hasValue rdf:resource="#RudiStuder"/>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:equivalentClass>  
</owl:Class>
```

`owl:hasValue` verweist immer auf eine konkrete Instanz. Dies ist äquivalent zum Beispiel auf der nächsten Folie.

Rolleneinschränkungen (hasValue)



```
<owl:Class rdf:ID="PruefungBeiStuder">
```

```
  <owl:equivalentClass>
```

```
    <owl:Restriction>
```

```
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
```

```
      <owl:someValuesFrom>
```

```
        <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">
```

```
          <owl:Thing rdf:about="#RudiStuder"/>
```

```
        </owl:oneOf>
```

```
      </owl:someValuesFrom>
```

```
    </owl:Restriction>
```

```
  </owl:equivalentClass>
```

```
</owl:Class>
```

Agenda



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- **Eigenschaften von Rollen**
- Anfragen an OWL-Ontologien

Rollenbeziehungen



```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatPruefer">  
  <rdfs:subPropertyOf  
    rdf:resource="#hatAnwesenden"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

Ebenso: `owl:equivalentProperty`

Rollen können auch invers zueinander sein:

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatPruefer">  
  <owl:inverseOf rdf:resource="#prueferVon"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

Rolleneigenschaften



- Domain
- Range
- Transitivität, d.h.
 $r(a,b)$ und $r(b,c)$ impliziert $r(a,c)$
- Symmetrie, d.h.
 $r(a,b)$ impliziert $r(b,a)$
- Funktionalität
 $r(a,b)$ und $r(a,c)$ impliziert $b=c$
- Inverse Funktionalität
 $r(a,b)$ und $r(c,b)$ impliziert $a=c$

Domain und Range



```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">  
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

ist gleichbedeutend mit dem Folgenden:

```
<owl:Class rdf:about="\&owl;Thing">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#Zugehoerigkeit"/>  
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Organisation"/>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

Domain und Range: Vorsicht!



```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">  
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation"/>  
</owl:ObjectProperty>  
  
<Zahl rdf:ID="Fuenf">  
  <Zugehoerigkeit rdf:resource="#Primzahlen"/>  
</Zahl>
```

Es folgt nun, dass Primzahlen eine
Organisation ist!

Rolleneigenschaften

AIFB 

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatKollegen">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;TransitiveProperty"/>
  <rdf:type rdf:resource="&owl;SymmetricProperty"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatProjektleiter">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="istProjektleiterFuer">
  <rdf:type
    rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
</owl:ObjectProperty>
<Person rdf:ID="YorkSure">
  <hatKollegen rdf:resource="#PascalHitzler"/>
  <hatKollegen rdf:resource="#AnupriyaAnkolekar"/>
  <istProjektleiterFuer rdf:resource="#SEKT"/>
</Person>
<Projekt rdf:ID="SmartWeb">
  <hatProjektleiter rdf:resource="#PascalHitzler"/>
  <hatProjektleiter rdf:resource="#HitzlerPascal"/>
</Projekt>
```

Folgerungen aus dem Beispiel

AIFB 

- AnupriyaAnkolekar hatKollegen
YorkSure
- AnupriyaAnkolekar hatKollegen
PascalHitzler
- PascalHitzler owl:sameAs
HitzlerPascal

Agenda



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

Terminologische Anfragen an OWL (nur Klassen und Rollen)

- Klassenäquivalenz
- Subklassenbeziehung
- Disjunktheit von Klassen
- globale Konsistenz (Erfüllbarkeit, Widerspruchsfreiheit)
- Klassenkonsistenz: Eine Klasse ist *inkonsistent*, wenn sie äquivalent zu `owl:Nothing` ist - dies deutet oft auf einen Modellierungsfehler hin:

```
<owl:Class rdf:about="#Buch">
```

```
  <owl:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
```

```
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>
```

```
</owl:Class>
```

Assertionale Anfragen an OWL (mit Individuen)



- Instanzüberprüfung: Gehört gegebenes Individuum zu gegebener Klasse?
- Suche nach allen Individuen, die in einer Klasse enthalten sind.
- Werden zwei gegebene Individuen durch Rolle verknüpft?
- Suche nach allen Individuenpaaren, die durch eine Rolle verknüpft sind.
- ...Vorsicht: es wird nur nach „beweisbaren“ Antworten gesucht!

OWL Werkzeuge



- Editoren
 - Protégé, <http://protege.stanford.edu>
 - SWOOP, <http://www.mindswap.org/2004/SWOOP/>
 - OWL Tools, <http://owltools.ontoware.org/>
- Inferenzmaschinen
 - Pellet, <http://clarkparsia.com/pellet/>
 - HermiT <http://hermit-reasoner.com/>
 - FACT++, <http://owl.man.ac.uk/factplusplus/>
 - Racer, <http://www.racer-systems.com/>

Weiterführende Literatur



- <http://www.w3.org/2007/OWL/>
zentrale W3C Webseite für OWL.
- <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>
Überblick über OWL.
- <http://www.w3.org/TR/owl2-syntax/>
vollständige Beschreibung der OWL-Sprachkomponenten.
- <http://www.w3.org/TR/owl2-primer/>
zeigt, wie OWL zur Wissensmodellierung verwendet werden kann.
- <http://www.w3.org/TR/owl2-direct-semantics/>
beschreibt die Semantik von OWL, die wir auf andere Weise später behandeln werden. Es beschreibt außerdem die abstrakte Syntax für OWL DL, die wir hier später noch ansprechen.